Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México,
Serie Zoología 74(1): 83-98. 2003

Factores que afectan la distribución espacial del borrego cimarrón *Ovis canadensis weemsi* en la Sierra del Mechudo, B.C.S., México

ISRAEL GUERRERO-CÁRDENAS*
IVONNE TOVAR-ZAMORA*
SERGIO ÁLVAREZ-CÁRDENAS*

Resumen. Se evalúan algunos componentes del hábitat del borrego cimarrón (*Ovis canadensis weemsi*) en la Sierra del Mechudo, B.C.S., México, de febrero de 1998 a marzo de 1999, mediante técnicas de uso-disponibilidad. El análisis se realizó basándose en seis variables descriptivas del hábitat: elevación, pendiente, orientación de las pendientes, distancia al terreno de escape, distancia al agua y topoformas. Se consideró como "uso" la frecuencia de observación de los borregos registrados en cada unos de los componentes durante un año. La "disponibilidad" se definió como la proporción en que cada uno de los componentes se encontraba en el área de estudio. Se encontró que los borregos no utilizan los componentes según su proporción, algunos son preferidos (alturas de 100-200 m, pendientes mayores de 80 %, orientaciones sureste, distancia al terreno de escape, menos de 100 y hasta 200 m, distancias a los aguajes de 100-200 m y prefieren topoformas del tipo de punta de cerro y laderas de cerro), mientras que otros son claramente evadidos.

Palabras clave: borrego cimarrón, componentes del hábitat, sierra del Mechudo, uso, disponibilidad.

Abstract. The importance of some components of the habitat of the bighorn sheep in Sierra del Mechudo, Baja California Sur, was evaluated from February 1998 to March 1999, utilizing techniques of use availability. The analysis was based on six descriptive habitat variables: elevation, slope, orientation of slopes, distance to the scape ground, distance to water and the topoforms. "Use" was cosidered as the frecuency of observation of the sheep recorded in each of the components during one year. "Availability" was defined as the proportion occu-

* Laboratorio de Ecología Animal. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo Santa Rita, A.P. 128, La Paz, B.C.S., México. guerrero@cibnor.mx, itovar@cibnor.mx, salvarez@cibnor.mx

pied by each component in the study area. It was found that sheep do not utilize the components according to their proportion, as some are preferred (100-200m. elevations; slopes higher than 80%; SE orientation; less than 100 to 200 m distance to water, and hilltops and hill slopes), whereas other components are clearly avoided.

Key words: bighorn sheep, habitat variables, Sierra del Mechudo, use, availability.

Introducción

El borrego cimarrón es uno de los mamíferos de mayor talla del desierto mexicano y se distingue entre otras cosas por su adaptabilidad a fuertes variaciones del medio ambiente, así como a periodos de sequía prolongados y escasez de alimento y agua; también a presiones extrínsecas, producto de la actividad que realiza el hombre en su hábitat natural. El borrego cimarrón está representado en la Península de Baja California por las subespecies *O. c. cremnobantes* en el norte y *O.c. weemsi* en el sur (Monson & Sumner 1980) y constituye una de las especies más apreciadas por su valor ecológico y gran potencial económico en la región y en el país (Rodríguez & Álvarez 1996). En México, los estudios sobre el borrego cimarrón son pocos; en Baja California Sur, solo se cuenta con algunos informes técnicos (Jaramillo & Vallejo 1973, Reyes 1976, González 1978, Castellanos 1979, Mendoza & Jaramillo 1987, Jaramillo & Castellanos 1992) emitidos por las dependencias gubernamentales que han estado a cargo del manejo cinegético de esta especie. Esto contrasta con los numerosos estudios realizados en los Estados Unidos de América (EUA); (Alderman *et al.* 1989, Bailey 1980, Cuningham 1989, Deforge *et al.* 1997, Geist 1971, Hansen 1965, Jay 1989, Krausman & Leopold 1986, Monson & Sumner 1980, Tarango & Krausman 1997, VanDyke *et al.* 1986, Wakeling & Miller 1989, entre otros). Algunos de estos estudios consideran que los principales componentes del hábitat del borrego cimarrón son la vegetación, los aspectos topográficos y la disponibilidad de agua y alimento, aunque también son importantes el clima, la fauna asociada (competidores, depredadores, parásitos) y la presencia humana (Krausman & Leopold 1986; Krausman *et al.* 1989). El componente topográfico (por ej.: altitud y pendiente) se considera como uno de los principales factores que determinan la distribución del borrego cimarrón (Flood *et al.* 1977, Stocker & Gilbert 1977, Bramble & Byrnes 1979, Gysel & Lyon 1980, Krausman *et al.* 1989).

El análisis y la evaluación del grado de utilización de los componentes del hábitat deben considerarse como una etapa importante en los proyectos que pretendan plantear alternativas para el manejo de especies en estado silvestre (Monson 1963, Bramble & Byrnes 1979, Gysel & Lyon 1980, Medina & Martínez

1990). Una extensa investigación sobre las características poblacionales del borrego cimarrón y sus interrelaciones con su hábitat promovería la conservación de este recurso natural, permitiendo calcular su abundancia y sus variaciones de tal manera que se pueda predecir la cantidad que es factible explotar sin afectar la población, así como la rehabilitación, conservación y mejoramiento de su hábitat.

Área de estudio

La Sierra del Mechudo se encuentra localizada en la vertiente del Golfo de California, constituyendo el extremo sur de la Sierra de la Giganta. El área de estudio se localiza a 50 km al norte de la ciudad de La Paz, B.C.S., entre 24° 37' y 24° 50' N y 111° 7' y 110° 41' O, cubriendo una área aproximada de 630 km^2 (Fig. 1).

Topográficamente, la zona está conformada por varias cadenas montañosas paralelas a la costa de la península, cuyas vertientes orientales descienden abruptamente hacia el Golfo de California conformando numerosos cañones y acantilados. La mayor altitud se registra en la parte norte de la sierra, en el monte El Mechudo con 1100 m. Hacia el sur, las alturas descienden hasta 550 m en el cerro del Junco (Rodríguez & Álvarez 1996).

La vegetación es de tres tipos: matorral subespinoso en las cimas más altas, con especies características, como: copalquin (*Pachycormus discolor*), pithaya (*Lamaireocereus thurberi*) y choya (*Opuntia* sp.); matorral subinerme en ladera y cañones, con especies conspicuas como el palo blanco (*Lysiloma candida*), rama parda (*Ruellia californica*) y palo Adán (*Foqueria peninsularis*), y matorral subinerme cardonal en las partes bajas, con especies como el cardón (*Pachycereus pringlei*) y el mezquite (*Prosopis sp.*) (Jaramillo 1992).

De acuerdo con el sistema de Koeppen, modificado por García (1988), el clima en el área de estudio es seco desértico-cálido, con temperaturas medias anuales que oscilan entre 22-24° C; la oscilación térmica anual extrema se encuentra entre 7 y 14°C. La clasificación correspondiente a este clima es BW (h') hw (e). La temperatura promedio anual es de 23.6°C y las medias mensuales oscilan entre 17.9 y 29.3°C en los meses de enero y agosto, respectivamente. Los meses de mayo y junio son los más secos, registran en el año humedades de 54 %, propiciadas por la evaporación del agua marina y de las temperaturas en tierra firme. Según las normales climatológicas de 1951-1980, el 60 % del régimen de lluvias se presenta en el verano, con la mayor precipitación en septiembre. Los periodos de sequía que se presentan en el área de estudio son cíclicos, con duración de 11 años sin lluvias, aproximadamente (SARH 1983). Geológicamente, la zona presenta formaciones de rocas sedimentarias del Mioceno. Se encuentran tres unidades de suelos: litosol en las partes altas, regosol eútrico en las partes bajas de la vertiente oriental y vertisol crómico en la vertiente occidental (SPP 1981a y b).

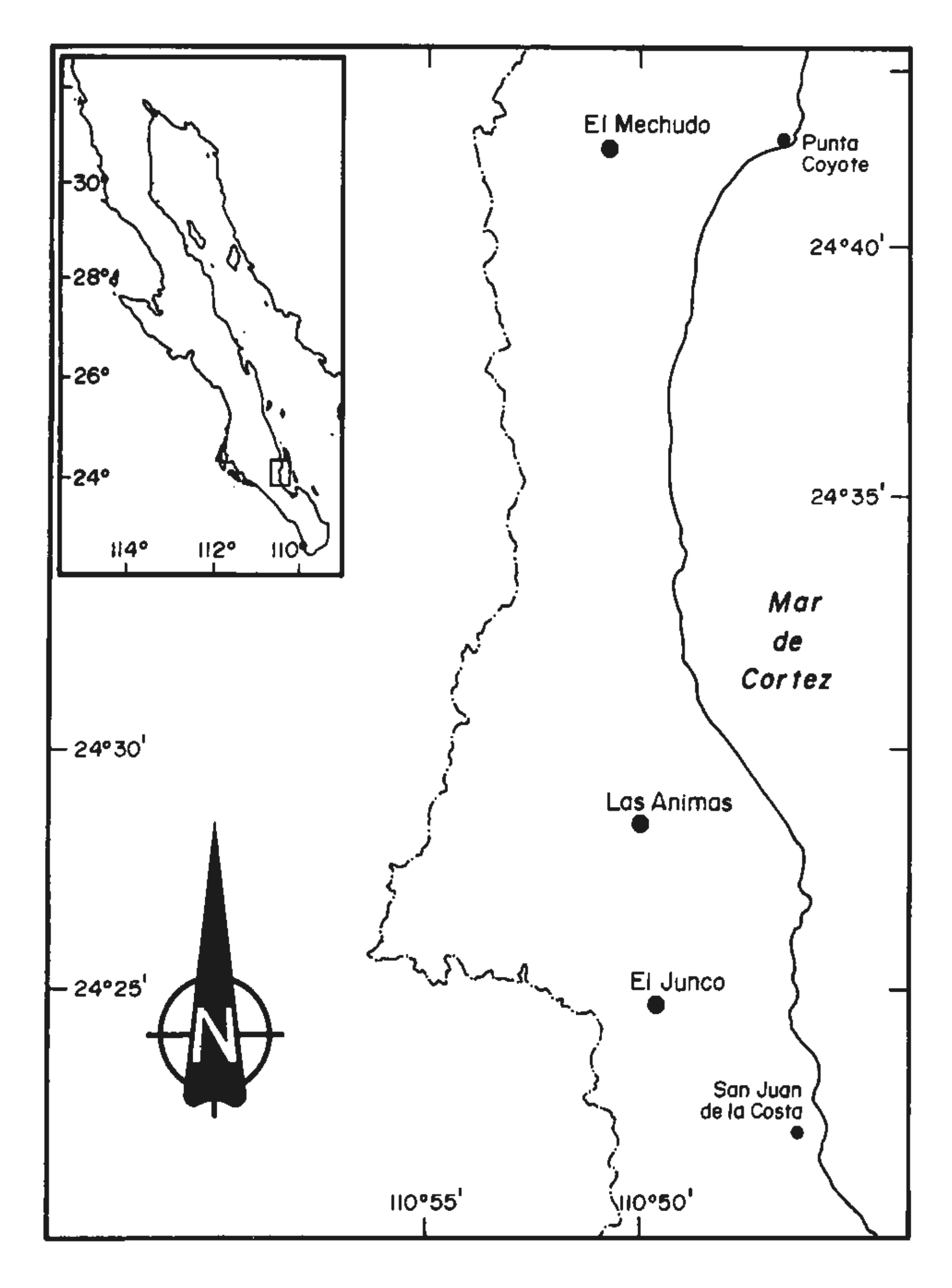


Fig. 1. Zona de estudio que comprende las tres áreas borregueras: El Mechudo, Las Ánimas y El Junco, ubicados en la porción norte de la Bahía de la Paz, B.C.S.,.

Métodos

El área de estudio se dividió en tres zonas identificadas como borregueras: *1)* El Mechudo, ubicado en la parte norte de la sierra, *2)* La Ánimas, en la parte media y *3)* El Junco en la parte sur (Fig.1). Los datos de colecta provienen de dos épocas, la de lluvias y la de secas (esto comprende un año de muestreo, de febrero de 1998 a abril de 1999 para completar un ciclo anual). Para determinar el uso de los componentes del hábitat en los sitios habitados por los borregos, se realizaron búsquedas y observaciones directas, se anotaron las características de las variables del hábitat donde se presenció un animal o grupo de animales, como altitud, pendiente, orientación de la pendiente, topoformas, distancia al terreno de escape y la distancia a los cuerpos de agua. Para la toma de las variables y el registro de los borregos se utilizaron binoculares, telescopio, geoposicionador, altímetros, clinómetros, brújulas, cámara con telefoto y un sistema de cámaras fotográficas con detectores infrarrojos de movimiento. Los borregos se clasificaron en nueve categorías de edad y por sexo (Hansen 1965, Geist 1971), talla, corpulencia, tipo y tamaño de las cornamentas. Debido a las condiciones de observación, no fue posible estimar la edad y determinar el sexo de algunos individuos.

La altitud de los sitios donde se observaron borregos se dividió en siete clases: menores de 100 m, 100-199 m, 200-299 m, 300-399 m, 400-499 m, 500-599 m y mayores de 600 m. La pendiente se dividió en cuatro clases: menores de 40 %, 41-60 %, 60-80 % y mayores de 80 %. La orientación de la pendiente se dividió en: NE, E, SE, S, SO y O. Las topoformas se clasificaron en siete tipos: punta de cerro (PCe), ladera de cerro (LCe), ladera de cañón (Lca) fondo de cañón (Fca), lomeríos (Lo), planicies (Pl) y arroyos (Ar). La distancia al terreno de escape se dividió en tres clases: 0-50 m, 100-200 m y mayores de 200 m. Los aguajes se caracterizaron en dos criterios de selección: *1)* la observación directa de los animales en los aguajes, y *2)* la detección de excretas y huellas frescas no muy recientes, en los aguajes y sus alrededores; asimismo la distancia de los animales a los aguajes se dividió en: 0 m, 50-100 m, 100-200 m, 200-300 m, 300-400 m y mayores de 400 m.

Los valores de disponibilidad de los diferentes componentes del hábitat se calcularon de acuerdo a la técnica no-mapeable de Marcum & Loftgarden (1980). Los valores de los componentes altitud, pendiente y distancia al terreno de escape (para las tres zonas de estudio), se obtuvieron dentro de una red de 10 km^2 con cuadros de 1 km^2, trazados sobre cada zona en mapas topográficos escala 1:50 000 (INEGI 1983). La disponibilidad de alturas se determinó cuantificando los vértices de la red (121) que se encontraron en las diferentes curvas de nivel de los mapas. La disponibilidad de las pendientes se obtuvo usando una regla o medidor de pendientes utilizada por la Dirección General de Estudios del Territorio Nacional y se calculó el porcentaje de pendientes entre cada vértice y la curva de nivel más cercana. La distancia al terreno de escape se obtuvo calculando la distancia entre cada vértice y la pendiente más cercana mayor de 40 %. La proporción de clases de

topoformas, así como su orientación, se estimó mediante la utilización de fotografías aéreas, escala 1:75 000, en las cuales se trazó la misma red de 10 km^2 con cuadros de 1 km^2, y 121 puntos o vértices para evaluar la disponibilidad de cada clase de variable. Utilizando visión estereoscópica se determinó la clase de topoforma, que coincidió con cada uno de los puntos y la orientación correspondiente a cada ladera. Una vez obtenidos los valores de frecuencia de observación de los borregos en el campo (uso, que se consideró como la frecuencia de observación de borregos registrados en cada uno de los componentes durante un año) y la proporción de cada una de las clases de los componentes del hábitat evaluado (disponibilidad, que se consideró como la proporción en que cada uno de los componentes se encontraba en el área de estudio), se realizó una prueba de chi-cuadrada (X^2) para determinar si el uso de las variables del hábitat es significativamente diferente a su disponibilidad. Si el análisis indica diferencias significativas ($P < 0.05$), se calcularon los intervalos de Bonferroni (Z) con 95 % de confianza descritos por Neu *et al.* (1974) y Byers *et al.* (1984), para determinar las categorías de las variables que son utilizadas significativamente mas o menos que su disponibilidad. De igual forma se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias entre las áreas y las estaciones muestreadas con respecto al uso de las diferentes variables estudiadas (Byers *et al.* 1984, Crane *et al.* 1997).

Resultados

Se obtuvieron 157 registros de borregos localizados y observados durante los muestreos en las tres zonas borregueras de la Sierra del Mechudo. El cuadro 1 muestra el número borregos por edad y sexo, localizados en cada área durante cada estación. Los resultados del análisis de chi-cuadrada (X^2) indican que existen diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el uso y la disponibilidad de las variables analizadas del hábitat (Cuadro 2). Por otro lado, los resultados del análisis de los intervalos de Bonferroni (Z) indican las categorías de las variables que se utilizaron significativamente en mayor (seleccionadas) o menor grado (evitadas) a su disponibilidad, o aquellas que están en proporción (Cuadro 3). De acuerdo con los resultados, los borregos prefieren distancias al terreno de escape menores de 100 y hasta los 200 metros. En general, los borregos seleccionaron alturas entre 100 y 200 metros en las áreas de El Junco y Las Ánimas, mientras que en el Mechudo seleccionaron alturas de 300-400 metros, evitando las inferiores a 100 y las superiores a 600 metros. Las topoformas más usadas por los borregos son las laderas de cerro y laderas de cañón, evitando lomeríos, planicies y arroyos. En cuanto a las pendientes, se constató que los borregos seleccionan las mayores de 80% (40°) ya que éstas tienen que ver con el terreno de escape (caracterizado principalmente por terreno rocoso, escarpado y empinado, en el cual los borregos pueden mantenerse a salvo de sus depredadores) y evitan los sitios más planos. Los sitios princi-

Cuadro 1. Número de borregos por categoría de edad y sexo para cada una de las áreas

Área	M4 T	M4 P	M 3	M 2	M 1	H A	HJ	C	I	Machos	Hembras	Indefinidos	Total
Invierno 98													
Junco	0	0	1	2	5	8	1	1	2	8	9	3	20
Ánimas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
Mechudo	0	1	0	0	1	4	0	2	0	2	4	2	8
Primavera 98													
Junco	0	0	0	1	1	4	0	0	0	2	4	0	6
Ánimas	0	0	0	2	1	4	0	0	2	3	4	2	9
Mechudo	0	1	3	1	1	0	0	0	0	6	0	0	6
Verano 98													
Junco	1	2	1	2	2	4	1	3	0	8	5	3	16
Ánimas	1	1	1	1	2	8	2	11	0	6	10	11	27
Mechudo	2	0	3	1	0	4	2	5	1	6	6	6	18
Otoño 98													
Junco	1	2	1	1	1	3	2	2	3	6	5	5	16
Ánimas	0	2	2	0	0	3	4	2	2	4	7	4	15
Mechudo	2	0	1	0	0	7	5	0	0	3	12	0	15
Total	7	9	13	11	15	49	17	26	10	55	66	36	157

M4T= Machos tipo trofeo, M4P= Machos de vuelta completa con punta, M3= Machos de tres cuartos de vuelta, M2= Machos con media vuelta, M1= Macho joven con un cuarto de vuelta, HA= Hembras adultas, HJ= Hembras jóvenes, C= Crías, I= Indefinidos.

palmente utilizados por los borregos están orientados hacia el sureste y sur, aunque en la zona de Las Ánimas seleccionan laderas con orientación norte. El análisis de varianza realizado para comparar el uso de las diferentes variables del hábitat indica que hay diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las estaciones de muestreo y entre las diferentes categorías (edad y sexo) de los borregos, mientras que no se observan diferencias significativas entre las áreas borregueras (cuadro 4). En el Cuadro 5 se presenta la frecuencia de las diferentes clases de borregos en los diferentes rangos de cada variable del hábitat. La mayoría de los machos adultos se encontraron entre 300 y 400 m de altitud, en contraste con las hembras adultas que tuvieron un mayor rango de utilización, entre 100 y 400 m. Por otro lado, se observa que en general los borregos machos prefieren pendientes más pronunciadas (> 80% o de más de 40°); en este caso las hembras también presentan un mayor rango, a partir del 60%, aunque cuando tienen crías prefieren pendientes mayores. La mayoría de las clases de borregos se observó en laderas de cerro y

Cuadro 2. Evaluación de X^2 uso-disponibilidad por cada componente del hábitat, por cada zona

Zona	Componente topográfico	Chi-cuadrada	gl	P< 0.05
Las Ánimas	Topoformas	33.74	6	.0013
	Orientación	70.35	7	.0000
	Pendiente	115.24	3	.0000
	Alturas	76.25	5	.0400
	Distancia al terreno de escape	56.06	2	.0000
El Junco	Topoformas	63.31	6	.0000
	Orientación	57.55	7	.0000
	Pendiente	46.98	3	.0000
	Alturas	23.1	5	.0400
	Distancia al terreno de escape	51.55	2	.0000
El Mechudo	Topoformas	16.69	6	.0213
	Orientación	39.19	7	.0006
	Pendiente	42.6	3	.0000
	Alturas	59.83	5	.0000
	Distancia al terreno de escape.	115.54	2	.0000

laderas de cañón, respectivamente; sin embargo, las hembras adultas también se encontraron frecuentemente en las puntas de cerro. De igual forma, la mayor parte de las observaciones de todas las categorías fueron dentro de lo que se denomina terreno de escape, aunque un importante número de hembras adultas se observó a distancias de 100 y 200 m. En general, los machos adultos y subadultos se observaron a distancias mayores de los cuerpos de agua más cercanos a 300-500 m, mientras que la mayoría de las hembras y juveniles estuvieron más próximos a los cuerpos de agua (200-300 m).

Discusión

Cada uno de los componentes del hábitat presenta características diferentes que los borregos utilizaron según la época del año, (húmeda o seca). La selección de los componentes, de acuerdo a la relación uso-disponibilidad del hábitat, fue un factor que afectó la distribución espacial de los borregos en la Sierra del Mechudo.

Cuadro 3. Intervalos simultáneos de confianza de Bonferroni.

Componente topográfico	Las Ánimas	El Junco	El Mechudo	Toda la Sierra
D.T.E. (m)				
< 100	S	S	S	S
100-200	P	P	P	S
>200	E	E	E	E
<500	E	E	P	E
Alturas (m)				
<100	E	E	P	E
100	S	S	P	S
200	S	P	P	S
300	E	P	S	P
400	E	P	S	P
500	P	P	E	E
>600	P	E	E	E
Topoformas				
Pc	P	P	P	P
Lce	P	S	P	S
Lca	S	P	P	P
Fca	E	S	P	P
Lo	P	E	E	P
Pl	E	E	E	E
A	E	P	E	E
Pendiente (%)				
<40	E	P	E	E
40-60	S	E	E	P
60-80	E	E	P	E
>80	S	S	S	S
Orientación				
S	P	P	P	P
SE	P	S	S	S
Sw	P	P	P	P
N	S	E	E	P
NW	P	E	E	P
NE	E	P	E	E
E	E	P	P	P
W	P	E	P	E

E = evitado S = seleccionado P = proporción

Cuadro 4. Análisis de varianza que muestra las diferencias en cuanto al uso de cinco variables del hábitat, de acuerdo a la clase de borrego, estación del año y área de muestreo

Componente topográfico	gl	Frecuencia	P<_0.05
Altura			
*Categoría	7	4.96	0.000
Estación	3	3.77	0.010
Área	2	0.15	0.856
Pendiente			
Categoría	7	5.21	0.000
Estación	3	3.45	0.016
Área	2	0.57	0.565
Topografía			
Categoría	7	10.04	0.000
Estación	3	3.74	0.011
Área	2	0.80	0.450
D T E	7	5.11	0.000
Categoría	3	4.88	0.002
Estación	2	0.14	0.871
Área			
DFA			
Categoría	7	6.37	0.003
Estación	3	4.25	0.005
Área	2	1.50	0.223

Diferencia significativa P < 0.05. DTE distancia al terreno de escape. DFA distancia a la fuente de agua más cercana.

Tipo de animal de acuerdo con la edad y sexo (machos adultos, hembras jóvenes, crías, etc.)

En nuestra investigación, igual que en otras realizadas con borregos del desierto en EUA, (Dood & Smith 1988, Wakeling & Miller 1989, Bristow *et al.* 1996, Rubin *et al.* 1998), la selección de los diferentes componentes del hábitat estuvo relacionada, en general, con las necesidades de protección contra depredadores y contra factores climáticos adversos, así como para el acceso a sitios con agua y el establecimiento de rutas de desplazamiento de los rebaños. Se ha sugerido que el terreno de escape debe tener zonas bien definidas, conformadas por terrenos quebrados, de pendientes pronunciadas (60 %) y grandes elevaciones (Wakeling & Miller 1989, Cunningham & deVos 1992, Ebert & Douglas 1994), ya que éste juega un papel muy importante en el desarrollo de las poblaciones de borregos en estas

zonas. Sin embargo, como nuestra zona de estudio se encuentra en el margen costero, y como la sierra, en general, no alcanza gran altitud, esto implica que el terreno de escape se encuentre desde altitudes de 100 o 200 m, ya que esto es muy importante durante sus actividades de alimentación, consumo de agua y esparcimiento de los borregos. En nuestra área de estudio, los borregos generalmente fueron observados a distancias inferiores a 100 m del terreno de escape; sin embargo, en ocasiones estos se alejaron incluso hasta 500 m, sobre todo durante la época seca, con el fin de acceder a sitios con agua y alimento disponible. Resultados similares obtuvieron Oldmeyer *et al.* (1971), Fairbanks *et al.* (1987) y Sandoval (1980), trabajando con poblaciones del borrego cimarrón de las montañas, al encontrar que las distancias al terreno de escape fueron de $\leq$100 m durante todas las estaciones. Van-Dyke *et al.* (1986) señalan que la distancia óptima del terreno de escape en una área borreguera de Oregon, no debe ser mayor de 500 m. El tamaño y la distancia al terreno de escape es importante porque evitan en mayor proporción la depredación natural (Wakelin & Miller 1989, Cunningham & deVos 1992, Ebert & Douglas 1994), lo cual constituye una estrategia antidepredatoria (Geist 1971). Sin embargo, es importante resaltar que los depredadores naturales de los borregos en nuestra área de estudio (puma y gato montés) son muy escasos y que el único depredador potencial lo constituye el hombre. En las zonas de El Junco y Las Ánimas no se presentan alturas superiores a 500 m, encontrando que los borregos utilizan preferentemente áreas donde las alturas van desde 100 a 200 m. Por otra parte, en la zona de El Mechudo se presentan las mayores alturas de la sierra (hasta 1100) y en esta área los borregos seleccionaron alturas que oscilan entre 300 y 400 m. En todas las zonas, los borregos evitaron las alturas superiores. La altura es otro factor importante para la distribución local del borrego, ya que ésta tiene que ver, al igual que el terreno de escape, con la protección de depredadores, principalmente en la etapa de los nacimientos y los primeros días de vida de los borregos, donde para las hembras es más factible proteger a sus crías (Russo 1956). Las diferencias locales de altura también se consideran importantes para los borregos, ya que influyen en las condiciones ambientales del área y en la distribución de forraje, en buena medida lo que determina la selección de zonas de descanso, pernoctación, alimentación, reproducción y crianza. El uso de las pendientes y la orientación es importante. La pendiente se relaciona directamente con el terreno de escape, y la orientación, con la protección contra condiciones climáticas adversas, lo que en gran medida determina las condiciones ambientales de cada pendiente durante el día y a lo largo de las diferentes estaciones del año, debido principalmente a las diferencias en temperatura por su exposición al sol y a los vientos. Esto afecta, también en forma determinante, la disponibilidad de alimento para el borrego cimarrón. De acuerdo a nuestros resultados, las pendientes seleccionadas fueron mayores de 80%. Shannon *et al.* (1975) mencionan que las pendientes de 61-80% son importantes en todas las estaciones y sugieren además que el uso de las pendientes está relacionado con algunos factores del medio ambiente. La orientación con

mayor uso fue la sureste, debido probablemente a que la mayor cantidad de registros fue realizado a horas tempranas de la mañana, cuando las temperaturas son más bajas y los animales inician su actividad y prefieren áreas soleadas. Durante las horas más calurosas y en las vespertinas utilizan laderas opuestas donde se protegen del calor. Simmons (1969) señala que los borregos buscan las temperaturas cálidas de la mañana en las laderas orientadas al este, mientras que al atardecer se encuentran principalmente en laderas con orientación oeste, con el objeto de tomar ventaja de las diferencias de temperatura influidas por la exposición del sol, principalmente durante los meses calurosos. Otras orientaciones se seleccionan principalmente por su exposición a los vientos más intensos, factor que por lo general evitan los borregos. En cuanto a las topoformas, es evidente la selección de las puntas de cerro y laderas de cerro, lo cual coincide con la ubicación de los sitios más accidentados, existiendo una menor preferencia de laderas de cañón y lomeríos, y una evasión de las planicies y arroyos. No obstante, en la zona de El Junco, durante una observación, se detectó un considerable número de animales en un cuerpo de agua que se encuentra ubicado en un arroyo pequeño. Sin embargo, éstos sitios que en el análisis de intervalos simultáneos de Bonferroni aparecen con un uso proporcional en cuanto a su disponibilidad, son solamente utilizados en forma esporádica como sitios de paso. Jaramillo *et al.* (1985) mencionan que la topoforma más utilizada por los borregos de Loreto, fue la de ladera de cerro, con 76.14 %, lo que correspondería al mismo uso que le da el borrego cimarrón de El Mechudo. Es importante señalar que los borregos cimarrones pueden soportar bastante tiempo sin beber agua, debido a su adaptabilidad a fuertes variaciones del medio ambiente, así como a periodos prolongados de escasez de alimento y agua (Hansen 1980; Turner & Weaver 1980; Menéndez 1985). Para el caso de nuestra área de estudio, no se realizó un análisis de uso-disponibilidad de aguajes, debido a que no se pudo detectar su disponibilidad en las fotos aéreas o mapas, y solamente tomamos en cuenta los aguajes que han sido localizados hasta la fecha. Creemos que los borregos no utilizaron todos los aguajes encontrados, ya que no detectamos ningún rastro. Por otro lado, la zona del Tule fue donde se encontraron más rastros y observaciones de los borregos en aguajes, aunque es donde el número de éstos es menor (sólo cuatro). En las otras dos zonas, no se tuvieron avistamientos directamente, pero por medio de observaciones indirectas (excretas y huellas) se pudo constatar el uso de los aguajes. En Las Ánimas se localizaron seis aguajes, pero sólo se comprobó la utilización de dos, mientras que en El Mechudo se ubicaron cinco y sólo en dos fue observada su utilización. Por lo tanto, en este estudio, comprobamos que los borregos no se encuentran donde existen más aguajes, al contrario del trabajo de Jaramillo *et al.* (1985), quien señala que la mayor concentración de animales (60 %) se observó en las sierras donde se encuentran abundantes tinajas y nacimientos de agua. Además, detectamos que los borregos utilizan los aguajes que están mejor ubicados en relación con el terreno de escape, evitando aquellos que utiliza el ganado vacuno y equino, los que se encuentran con bastante cobertura vegetal, y los ubicados en sitios donde los borregos son vulnerables por estar poco protegidos.

Conclusiones

En general los resultados indican que los borregos no utilizan ciertos componentes del hábitat de acuerdo con su disponibilidad, existiendo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre el uso y la disponibilidad de las variables del hábitat. Esto es, que los borregos "evitan" áreas donde el uso es significativamente menor en proporción a su disponibilidad y que "prefieren" áreas donde el uso es significativamente mayor a su disponibilidad

Tal y como se ha considerado en los diversos estudios sobre borrego cimarrón y su hábitat, los principales componentes lo constituyen vegetación, fuentes de agua, clima, fauna asociada, y el componente topográfico. Este trabajo se enfoca principalmente a lo que constituye el último factor, analizando las pendientes y su orientación, elevaciones, topoformas y distancia al terreno de escape. La selección de las categorías de estos factores se toma en cuenta como un elemento fundamental para la distribución del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo.

Los resultados indican que los borregos se distribuyen de la siguiente manera: realizan sus actividades principalmente en una distancia menor a 100 m de los sitios más rocosos, escarpados y empinados (terreno de escape) y no se alejan a más de 500 m. Su ámbito altitudinal se ubica principalmente entre 100 y 400 m y está dado principalmente por la disponibilidad del terreno de escape y de las fuentes de agua. Por otro lado, los borregos se encuentran con mayor regularidad en las partes altas de cerros y en las laderas de éstos, así como en laderas de cañón y esporádicamente en fondos de cañón y arroyos. Las laderas que utilizan los borregos tienen pendientes del 80 %, aunque en ocasiones pueden desplazarse por sitios menos empinados para trasladarse de un lugar a otro para buscar agua y alimento. Por las mañanas prefieren laderas soleadas, orientadas hacia el sureste, ocupando las contrarias al atardecer. También seleccionaron laderas con orientación norte, con el fin de protegerse de los fuertes vientos.

Los aguajes que utilizan se encuentran a no más de 50 metros del terreno de escape, o incluso se encuentran dentro del mismo. Generalmente los aguajes se encuentran en lugares con poca cobertura vegetal, donde los borregos tengan buena visibilidad del lugar.

Es importante apuntar que el trabajo de evaluación del hábitat y de su uso para el borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo, se completará cuando los componentes bióticos del hábitat se analicen, fundamentalmente la vegetación, que proporcionará información importante para definir la disponibilidad de alimento y determinar la dieta de los borregos en este lugar. Los anteriores factores del hábitat deberán correlacionarse con las características poblacionales, como densidad, proporción de sexos y edades, épocas de reproducción, tasas de fecundidad, natalidad, mortalidad y supervivencia. De igual forma, deberá realizarse un análisis de la competencia entre el borrego y otras especies de ungulados silvestres y domésticos presentes en la zona. Asimismo es necesario evaluar el impacto ocasionado por las actividades humanas, cacerías (furtiva o con permiso) y ganadería.

La evaluación e interrelación de todos estos factores serán indispensables para obtener las bases de un programa de manejo que promueva la conservación y el uso sustentable de la población y el hábitat del borrego cimarrón en la Sierra del Mechudo de Baja California Sur.

Agradecimientos. Al proyecto "Ecología y manejo de ungulados cinegéticos" clave 997, del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). A los técnicos del CIBNOR Franco Cota y Miguel Domínguez por el apoyo de campo y a los doctores Gustavo Arnaud y Carmen Blázquez por sus valiosos comentarios, revisión y sugerencias al manuscrito.

Literatura citada

ALDERMAN, J.A., P. R. KRAUSMAN & B.D.LEOPOLD. 1989. Diet activity of female desert bighorn sheep in western Arizona. *Journal of Wildlife Management 53* (1): 264-271.

BAILEY, J.A. 1980. Desert bighorn, foraje competition and zoogeography. *Wildlife Society Bulleting 8*(3): 208-216.

BRAMBLE, W.C. & W.R. BYRNES. 1979. Evaluation of the wildlife habitat values of rights-of-ways. *Journal of Wildlife Management 43*: 642-649.

BRISTOW, D.K., J.A. WENNERLUND, R.J. SCHWEINSBURG & R.E. LEE. 1996. *Habitat use and movements of desert bighorn sheep near the silver bell mine, Arizona,* Technical report 25. Arizona Game and Fish Department, Phoenix. 57 p.

BYERS, C.R., R.K. STEINHORST & P.R. KRAUSMAN. 1984. Clarification of technique for analysis of utilization-availability data. *Wildlife Society Bulletin 9*: 63-65.

CASTELLANOS, V.A. 1979. Temporada 1978 y cacería de borrego cimarrón en Loreto, B.C.S., México. Informe técnico, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. 22 p.

CRANE, K.K., SMITH, M.A. & REYNOLDS, D. 1997. Habitat selection patterns of feral horses in southcentral Wyoming. *Journal of Range Management 50*: 374-380.

CUNINGHAM, S.C. 1989. Evaluation of bighorn sheep habitat. *In*: Raymond Lee (ed.) *Phoenix, the desert bighorn sheep in Arizona*. Arizona Game and Fish Departament, Phoenix, pp. 135-153.

CUNINGHAM, S.C. & J.V.C. DEVOS. 1992. Mortality of mountain sheep in the Black Canyon area of northwest Arizona. *Desert Bighorn Council Transactions 36*: 27-29.

DEFORGE, J.R., S.D. OSTERMAN, D.E. TOWEILL, P.E. CYROG & E.M. BARETT. 1997. Helicopter survey of peninsular bighorn sheep in northern Baja California. *Desert Bighorn Council Transactions 37*: 24-28.

DODD, L.N. & R.H. SMITH. 1988. *Habitat and spatial relationships of sympatric desert bighorn sheep and cattle*. Research Branch, Arizona Game and Fish Department, Phoenix, pp. 1-25.

EBERT, D. W. & C.L. DOUGLAS. 1994. *Potential impacts of the Black Canyon bridge on boghorn sheep: a reevaluation using a GIS habitat evaluation model*. Cooperative National Parks Resources Studies Unit. University of Nevada, Las Vegas.

FAIRBANKS, W.S., J.A. BAILEY & R.S. COOK. 1987. Habitat use by a low-elevation, semicaptive bighorn sheep population. *Journal of Wildlife Management 51*(4): 912-915.

FLOOD, B.S., SANGSTER, M.E., SPARROWE, R.D. & BASKETT, T.S. 1977. *A handbook for habitat evaluation procedures*. U.S. Fish and Wildlife Service, Resource Bulletin 132. p. 77.

GARCÍA, E. 1988. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen*. Instituto de Geología, UNAM, México, D.F. 220 p.

GEIST, V. 1971. *Mountain sheep: a study in behavior and evolution*. University of Chicago Press. 383 p.

GONZÁLEZ, M.E. 1978. Informe de actividades en Baja California Sur, México, Informe técnico. DGS y Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. 9 p.

GYSEL, L.W. & L.J. LYON. 1980. Habitat analysis and evaluation. *In*: R.R. Tarres (ed.) *Manual de técnicas de gestión de vida silvestre*. World Wildlife Foundation, Bethesda; The Wildlife Society, Washington D.C., pp. 321-344.

INEGI. 1983. Carta topográfica: El Coyote, escala 1: 50 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes.

HANSEN, C.G. 1965. Growth and development of desert bighorn sheep. *Journal of Wildlife Management 29*:387-391.

HANSEN, C.G. 1980. Habitat. *In*: G. Monson & L. Sumner (eds.). *The desert bighorn, its life, history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, pp. 64-79.

JARAMILLO, F. & J. VALLEJO. 1973. *Temporada de cacería de borrego cimarrón en Loreto, Baja California Sur, México*. Informe D.C.F.S., México. 18 p.

JARAMILLO, F., J. VALLEJO, C. SEPÚLVEDA & A. MENDOZA. 1985. Observaciones sobre las poblaciones de borrego cimarrón en el área de Santa Rosalía, B.C.S., México. *Ecológica 1*: 23-25

JARAMILLO, M.F. 1992. Censos de borrego cimarrón en Baja California Sur, México. Foundation for Field Research, 8 p.

JARAMILLO, M.F. & A. CASTELLANOS. 1992. Algunos aspectos de la población, manejo y conservación del borrego cimarrón en Baja California Sur, México. *Ecología 2*(1): 25-30.

JAY, A.A. 1989. Diel activity of female desert bighorn sheep in western Arizona. *Journal of Wildlife Management 53* (1): 264-271.

KRAUSMAN, R.P. & B.C. LEOPOLD. 1986. Habitat components for desert bighorn sheep in the Harquahala mountains, Arizona. *Journal of Wildlife Management 50*(3): 504-509.

KRAUSMAN, R.P., G.D. LEOPOLD, R.F. SEEGMILLER & S.G. TORRES. 1989. Relationships between desert bighorn sheep and hábitat in Western Arizona. Wildlife Monographs. *The Wildlife Society 102*: 1-66.

MARCUM, C.L. & D.O. LOFTGAARDEN. 1980. A nonmaping technique for studyng hábitat preferences. *Journal of Wildlife Management 44*: 963-968.

MEDINA, G. & L. MARTÍNEZ. 1990. Aspectos generales de la biología, ecología y aprovechamiento cinegético del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*). *VIII Simposium sobre Fauna Silvestre*, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., pp. 432-470.

MENDOZA, R.S. & F.M. JARAMILLO. 1987. *El borrego cimarrón y su aprovechamiento en Baja California Sur*. Delegación Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Baja California, 19 p.

MENÉNDEZ, A.E. 1985. Situación actual y administración del borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) en México. *In*: *Memorias. Primer Simposium Internacional de Fauna Silvestre*, The Wildlife Society de México, México, D.F., pp. 724-732.

MONSON, G. 1963. Some desert bighorn reflection. *Desert Bighorn Council Transactions* 7: 61-63.

MONSON, G. & L. SUMNER. 1980. *The desert bighorn; its life history, ecology and management*. The University of Arizona Press, Tucson, 365 p.

NEU, C.W., C.R. BYERS & J.M. PEEK. 1974. A technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management 38*: 541-545.

OLDMEYER, J.C., W.T. BAYMORE & D.C. GILBERT. 1971. Winter ecology of bighorn sheep in yellowstone National Park. *Journal of Wildlife Mangement*, *35*(2): 257-269.

REYES, S. 1976. Caza del borrego cimarrón en Loreto, B.C.S. Informe técnico. *Bosques y fauna 14*(5): 1-20 p.

RODRÍGUEZ, G.F. & S.C. ÁLVAREZ. 1996. La actividad cinegética del borrego cimarrón en Baja California Sur, México. *XIV Simposio sobre Fauna Silvestre "General M.V. Manuel Cabrera Valtierra"* Cd. Universitaria, UNAM, México, D.F., pp. 263-280.

RUBIN, S.E., M.W. BOYCE, C.J. JORGENSEN, S.G. TORRES, C.L. HAYES, C.S. O'BRYEN & D.A. JESSUP. 1998. Distribution and abundance of bighorn sheep in the peninsular ranges, California. Population estimation and monitoring. *Wildlife Society Bulletin 26*(3): 539-551.

RUSSO, J.P. 1956. *The desert bighorn sheep in Arizona*. Arizona Game and Fish Department, Phoenix. 153 p.

SANDOVAL, A.V. 1980. Preferred habitat of desert bighorn sheep in the St. Andres Mountains, New Mexico. M. Sc. Thesis, Colorado State University, Fort Collins. 314 p.

SHANNON, N.H., R.J. HUDSON, V.C., BRINK & W.D. KITTS. 1975. Determinants of spatial distribution of Rocky Mountain bighorn sheep. *Journal of Wildlife Management 39*: 387-401.

SARH. 1978, 1983. Baja California Sur. Carta Sinóptica. Escala 1: 50 000. Carta No. 2. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

SIMMONS, N.M. 1969. Heat stress and bighorn behavior in the Cabeza Prieta game range, Arizona. *Desert Bighorn Council Transactions 13*: 55-63.

STOCKER, M. & GILBERT, F.F. 1977. Vegetation and deer hábitat relations in Southern Ontario: application of hábitat clasification to white tailed deer. *Journal of Applied Ecology 14*: 433-444.

SPP. 1981. *Carta de climas. Escala 1: 1000,000*. La Paz, B.C.S. Secretaría de Programación y Presupuesto, México

SPP. 1981 a. *Carta geológica. Escala 1: 1000,000. La Paz, B.C.S.* Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

SPP. 1981 b. *Carta edafológica. Escala 1: 1000,000. La Paz, B.C.S.* Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

TARANGO, L.A. & P.R. KRAUSMAN. 1997. Desert bighorn sheep in Mexico. *Desert Bighorn Council Transactions 41*: 1-7 pp.

TURNER, J.C. & WEAVER, R. 1980. Water. *In*: G. Monson & L. Sumner (eds.) *The desert bighorn: its life, history, ecology*. The University of Arizona Press, Tucson, pp. 100-112.

VAN DYKE, W.A., A.S. SANDS, J. YOAKUM, A. POLLENZ & J. BLASIDELL. 1986. Wildlife habitats in managed rangelands. *The great basin of southeastern Oregon, Bighorn sheep general technical report PNW-159.* Bureau of Land Management. Special edition. 34 p.

WAKELING, F.B. & W.H. MILLER. 1989. Bedsite characteristic of desert bighorn sheep in the Superstition Mountains, Arizona. *Desert Bighorn Council Transactions 33*: 6-8.

Recibido: 17. vii. 2002
Aceptado: 24. ii. 2003